

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，  
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this  
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申 請 日：西元 2003 年 07 月 29 日  
Application Date

申 請 案 號：092120650  
Application No.

申 請 人：國立交通大學  
Applicant(s)

局 長  
Director General

蔡 練 生

發文日期：西元 2003 年 9 月 29 日  
Issue Date

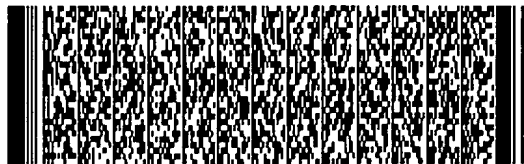
發文字號：09220970290  
Serial No.

申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	利用磁場控制液晶雙折射現象之可調兆赫波相移器或相位延遲器
	英 文	Terahertz Phase Shifter or Retarder Based on Magnetically Controlled Birefringence in Liquid Crystals
二、 發明人 (共3人)	姓 名 (中文)	1. 潘犀靈 2. 趙如蘋 3. 陳昭遠
	姓 名 (英文)	1. Ci-Ling Pan 2. Ru-Pin Chao 3. Chao-Yuan Chen
	國 籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW 3. 中華民國 TW
	住居所 (中 文)	1. 新竹市經國路一段528號17F-1 2. 新竹市經國路一段528號17F-1 3. 新竹縣竹北市縣政八街29巷6號9樓
	住居所 (英 文)	1. 17F-1, No. 528, sec. 1, Ching Go Rd, Hsinchu, Taiwan 300, R. O. C. 2. 17F-1, No. 528, sec. 1, Ching Go Rd, Hsinchu, Taiwan 300, R. O. C. 3. 9F, No. 6, Lane 29, Hsian Chang 8 Rd., Chu-Pei
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓 名 (中文)	1. 國立交通大學
	名稱或 姓 名 (英文)	1. National Chiao-Tung University
	國 籍 (中英文)	1. 中華民國 TW
	住居所 (營業所) (中 文)	1. 新竹市大學路1001號 (本地址與前向貴局申請者不同)
	住居所 (營業所) (英 文)	1. No. 1001 University Rd., Hsinchu, Taiwan 300, R. O. C.
	代表人 (中文)	1. 張俊彥
	代表人 (英文)	1. C. Y. Chang



四、中文發明摘要 (發明名稱：利用磁場控制液晶雙折射現象之可調兆赫波相移器或相位延遲器)

本發明揭示一種「利用磁場控制液晶雙折射現象之可調兆赫波相移器或相位延遲器」係提供兆赫波段(0.1兆赫~10兆赫)一連續可調之相移器。本發明包含一液晶盒、一組磁鐵、一控制磁鐵角度之機構及固定樣品之夾具。使用時，使欲調變之電磁波穿過液晶盒，而後改變磁場大小或角度即可提供一連續可調之相位延遲。為了增加相位可調之範圍，液晶盒亦採用三明治結構達成多層液晶之目的。

五、(一)、本案代表圖為：第 1 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

- |   |         |   |         |
|---|---------|---|---------|
| 1 | 兆赫波行進方向 | 2 | 兆赫波偏振方向 |
| 3 | 磁鐵旋轉軸   | 4 | 磁場方向    |
| 5 | 石英玻璃    | 6 | 間隙物     |

六、英文發明摘要 (發明名稱：Terahertz Phase Shifter or Retarder Based on Magnetically Controlled Birefringence in Liquid Crystals)

The present invention enables a means of continuously shifting the phase of electromagnetic waves in the THz (0.1 to 10 THz, 1 THz =  $10^{12}$  Hz) or sub-millimeter wave range. It is based on magnetically controlled birefringence of liquid crystals. The device consists of an assembly of a liquid crystal cell and rotatable magnets. By varying the angle of the magnet with respect to



四、中文發明摘要 (發明名稱：利用磁場控制液晶雙折射現象之可調兆赫波相移器或相位延遲器)

7	液 晶	11	液 晶 盒
12	磁 鐵	13	兆 赫 波
23	固 定 磁 鐵 之 旋 轉 機 構	100	相 移 器

六、英文發明摘要 (發明名稱：Terahertz Phase Shifter or Retarder Based on Magnetically Controlled Birefringence in Liquid Crystals)

the incident THz wave, desired phase shift or delay can be achieved. To increase the amount of phase shift, the device employs multiple liquid crystal cells in a compact sandwich structure.



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

無

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。



## 五、發明說明 (1)

### 1. 發明所屬之技術領域

本發明係有關於一種相移器，特別是有關於利用液晶(Liquid Crystal)提供連續可調之相位延遲(Phase Shift or Delay)裝置，即相移器(phase shifter)，以供兆赫波段(THz,  $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$ )電磁波即次毫米波之各種應用。

### 2. 先前技術

近幾年來，無線電波及微波的應用日廣，如行動通訊及無線網路是最熱門的產業。此一領域之趨勢是往更高頻發展，未來將利用到毫米波乃至於次毫米波段。過去，次毫米波段電磁波的應用較少，因為波源與偵測器都很欠缺。近十年來，由於雷射激發同調兆赫波技術發展日益成熟，在時域頻譜之探測(Time-Domain Spectroscopy)、兆赫波影像(THz Imaging)及醫療(Medical)方面之應用，都顯現出兆赫波極大的發展潛力，而THz通訊與相位雷達技術更是研究的重要方向。上述應用均需THz光學元件，如偏振器、濾光器、相移器、調制器等供訊號處理之用。

目前已經發表之文獻中，以液晶來調整相位之適用頻率為微波及毫米波範圍而非次毫米波波段，如K.C. Lim, 等於1993年8月發表於Appl. Phys. Lett之"Liquid



## 五、發明說明 (2)

crystal millimeter wave electronic phase shifter" ; Lim Khoon C. 等之美國專利案第5,184,233號案 ; Lim Khoon-Cheng之美國專利案第 5,537,242號案其頻率為微波及毫米波範圍而非次毫米波波段 ; 係採波導結構而非 bulk 結構 ; 而磁場是用來使液晶分子方向穩定。Das Satyendranath之美國專利案第 5,451,567號案係利用鐵電材料，僅適用於RF頻率。Mercer Carolyn R之美國專利案第 5,689,314號案係一干涉儀，其中用液晶作為移相器，但其波長在可見光範圍。Frederic Guein於1997年7月發表於Jpn. J. Appl. Phys. Part 1, 36 (7A)之 " Modeling, Synthesis and Characterization of a Millimeter-Wave Multilayer Microstrip Liquid Crystal Phase Shifter" 之重點為合成液晶及波導式移相器之模擬，其適用波長亦為毫米波，而不適用次毫米波。Hideo Fujikake等於2001年5月發表於J. Appl. Phys. 89 (10)之"Thick polymer-stabilized liquid crystal films for microwave phase control" 之重點為液晶聚合體材料，亦僅適用於微波頻率。I. H. Libon, S等於2000年發表於Appl. Phys. Lett. 76, 2821 之" An optically controllable terahertz filter" 及R. Kersting, G.於2000年發表於Electron. Lett. 36, 1156 之 " Terahertz phase modulator" 其分別利用不同的量子位能井結構造成可調之相位延遲，其缺點為可調整之範圍過小以及極低的操作溫度 ; 以上述兩篇期刊為例 : 其相



### 五、發明說明 (3)

位可調變量皆小於40度，工作溫度遠低於室溫（約為40K），對於使用上來說，相當不方便以及受到限制。

本發明乃針對先前技術之缺點，提出「兆赫波段之連續可調相位延遲器」即為一可實際應用之兆赫波元件，係提供兆赫波段（0.1兆赫～10兆赫）一連續可調之相移器或相位延遲器(Phase Shifter)。

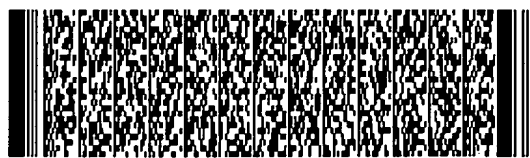
本發明可以提供較大且連續之相位延遲，其工作溫度亦可視需要而定，選擇適合之液晶，實施例中所選用之液晶即可適用於室溫，相較於習知之兆赫波相位調整器，可說是較於容易應用之設計。

### 3. 發明內容

本發明之目的在提供一種兆赫波段用之連續相位可調相移器，提供兆赫波段（0.1兆赫～10兆赫）一連續可調之相移器，以得較大且連續之相位延遲。

本發明之次一目的在提供一種兆赫波段用之連續相位可調相移器，工作溫度亦可視需要而定，可適用於室溫，使應用及設計容易。

為達成上述目的及其他目的，本發明提出一種兆赫波





#### 五、發明說明 (4)

段用之連續相位可調相移器，該相移器包含：一個產生角度可調之磁場機構；一個液晶盒。該角度可調之磁場機構進一步包含他種形狀之永久磁鐵、磁鐵組合與電磁鐵等可產生可調大小及角度之磁場機構。該磁鐵組合進一步包含利用兩個以上之永久磁鐵，藉由調整其相隔間離，而達到產生可調大小及角度之磁場之目的。該電磁鐵進一步包含單一及一個以上之電磁鐵組合，利用調整電流大小或者線圈角度進而達到產生可調大小及角度之磁場之目的。該液晶盒進一步包含單層及多層液晶之結構，如實施例二中之三明治結構，其目的為增加其相位可調之範圍，同時保持液晶方向之穩定度。該液晶盒進一步包含平行基底配向之液晶盒。該液晶盒之液晶進一步包含異向抗磁係數為負的液晶（如圓盤型液晶）。

本發明之以上及其他目的及優點參考以下之參照圖示及最佳實施例之說明而更易完全瞭解。

#### 4. 實施方式

請參閱圖1a，圖1a為本發明實施例一之立體結構示意圖，此實施例一之相移器100包含一液晶盒11、一提供磁場之磁鐵12和一些固定樣品之夾具，其磁鐵可沿著旋轉軸3旋轉，提供一可改變方向之磁場4，進而改變液晶盒內之液晶分子之排列，當兆赫波13之行徑方向1和偏振方向2如



## 五、發明說明 (5)

圖1所示，其對應之液晶盒之折射係數將隨磁場角度 $\theta$ 改變而改變，其兆赫波13之等效光學路徑也隨之改變，即提供一連續可調之相位延遲。

請參閱圖1b，圖1b為對應圖1a之液晶盒11，其液晶盒利用兩片石英玻璃（或其他透光基底）5與間隙物6產生一中空腔室，將液晶7注入其中，本實施例所用之液晶為5CB(Merck)，在注入液晶前，於石英玻璃上旋轉塗佈一垂直配向薄膜(DMOAP)，使液晶7在樣品11內做垂直的排列，即圖1b所示。

此實施例亦有其理論模擬對照，當電磁波通過液晶盒時，其相位延遲 $d$ 表示如下：

$$\delta(\theta) = \int_0^L (2\pi f/c) \Delta n_{\text{eff}}(\theta, z) dz \quad (1)$$

其中 $\theta$ 為磁場與垂直於基板之法線的夾角， $L$ 為液晶分子層之總厚度， $f$ 為電磁波之頻率， $c$ 為光速， $Dn_{\text{eff}}$ 為液晶的等效折射係數，而 $z$ 為液晶分子到第一片基板之距離。我們所用的磁鐵在液晶盒處提供了0.5特斯拉的磁場，對於排列液晶分子來說，是一個相當大的磁場，換句話說，我們有足夠的理由假設當磁場轉到與液晶本來的配向方向不同時，液晶分子幾乎是照著磁場方向而排列，即相位延遲， $\delta$ ，可以整理成：



## 五、發明說明 (6)

$$\delta(\theta) = 2\pi L(f/c) \{ [\cos^2(\theta)/n_o^2 + \sin^2(\theta)/n_e^2]^{1/2} - n_o \} \quad (2)$$

其中 $n_o$ 及 $n_e$ 分別為液晶垂直與平行光場時之折射係數。我們將這個理論模擬的結果與實施例一之實驗數據做了對照，請參照圖2a及2b，縱座標為相位平移量，而橫座標為可旋轉磁場之角度。圖2a為液晶厚度0.93mm之液晶盒量測結果與理論值之對照，數值點為實際量測值，實線為理論計算結果，我們可以發現實驗與理論有很好的對照，在頻率為1.025 THz時可得最大相位延遲108度。圖2b之液晶盒厚度為1.32mm，其量測結果與理論值亦有很好的對照，在頻率為1.025 THz時可得最大相位延遲141度。

圖3a與3b為本發明實施例二之立體結構示意圖，此實施例二之相移器200之裝置方式與實例一類似，但置於磁場中之液晶盒不同。實施例二中所採用的為三明治結構(sandwich structure)，請參閱圖2b，實施例二之液晶盒21利用三片石英玻璃與兩個間隙物造成較實施例一中之液晶盒11多出一個空腔，利用三明治結構增進液晶方向之穩定度，同時增加THz電磁波與液晶之作用長度，進而擴大其相位可調之範圍，本實施例所用之液晶亦為5CB(Merck)。



##### 五、發明說明 (7)

本發明雖以已實施之範例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟及此項技術者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許更動與潤飾改良。例如在本發明之較佳實施例中，雖緊僅揭露以圓盤型中空磁鐵作為提供磁場之工具，但本發明不以此為限；舉例而言，提供磁場之工具並不限定於此種形式，亦可由多組磁鐵、各式形狀之永久磁鐵或電磁鐵來提供，此外液晶盒之排列亦可為平行基底或其他種形式。因此本發明之保護範圍當是後附之申請專利範圍所界定者為準。

藉由以上較佳之具體實施例之詳述，係希望能更加清楚描述本創作之特徵與精神，而並非以上述所揭露的較佳具體實例來對本發明之範疇加以限制。相反的，其目的是希望能涵蓋各種改變及具相等性的安排於本發明所欲申請之專利範疇內。



## 圖式簡單說明

### 5. 圖式簡單說明：

第1A圖為本發明實例一之立體結構示意圖。

第1B圖為本發明實例一之液晶盒結構示意圖。

第2A圖為本發明實施例一之實驗結果與理論分析之對照，其使用之液晶盒液晶層厚度為0.95mm，其數據點為實際量測結果，曲線為理論分析結果。

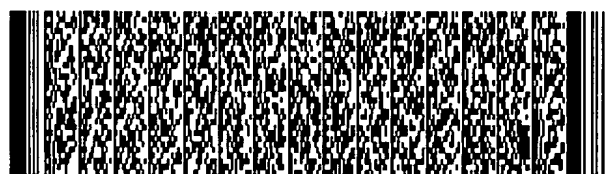
第2B圖為本發明實施例一之實驗結果與理論分析之對照，其使用之液晶盒液晶層厚度為1.53mm，其數據點為實際量測結果，曲線為理論分析結果。

第3A圖為本發明實施例一之實驗結果與理論分析之對照，其使用之液晶盒液晶層厚度為1.53mm，其數據點為實際量測結果，曲線為理論分析結果。

第3B圖為本發明實例二之液晶盒結構示意圖。

### 符號說明：

1	兆赫波行進方向	2	兆赫波偏振方向
3	磁鐵旋轉軸	4	磁場方向
5	石英玻璃	6	間隙物
7	液晶	8	石英玻璃
9	間隙物	10	液晶
11	液晶盒	12	磁鐵
13	兆赫波	14	固定磁鐵之旋轉機構



圖式簡單說明

21 三 明 治 結 構 之 液 晶 盒

22 磁 鐵

23 固 定 磁 鐵 之 旋 轉 機 構

100 相 移 器

200 相 移 器



#### 六、申請專利範圍

1. 一種兆赫波段用之連續相位可調相移器，該相移器包含：

一個產生角度可調之磁場機構，磁鐵可沿著旋轉軸旋轉，提供一可改變方向之磁場，進而改變液晶盒內之液晶分子之排列；

一個液晶盒，當兆赫波通過，其對應之液晶盒之折射係數將隨磁場角度改變而改變，其兆赫波之等效光學路徑也隨之改變，以提供一連續可調之相位延遲。

2. 如申請專利範圍第1項所述之連續相位可調相移器，其中該角度可調之磁場機構進一步包含他種形狀之永久磁鐵、磁鐵組合與電磁鐵等可產生可調大小及角度之磁場機構。

3. 如申請專利範圍第2項所述之連續相位可調相移器，其中該磁鐵組合進一步包含利用兩個以上之永久磁鐵，藉由調整其相隔間離，而達到產生可調大小及角度之磁場之目的。

4. 如申請專利範圍第2項所述之連續相位可調相移器，其中該電磁鐵進一步包含單一及一個以上之電磁鐵組合，利用調整電流大小或者線圈角度進而達到產生可調大小及角度之磁場之目的。



六、申請專利範圍

5. 如申請專利範圍第1項所述之連續相位可調相移器，其中該液晶盒進一步包含單層及多層液晶之結構，如實施例二中之三明治結構，其目的為增加其相位可調之範圍，同時保持液晶方向之穩定度。

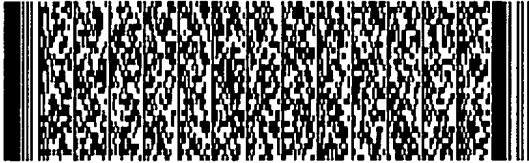
6. 如申請專利範圍第1項所述之連續相位可調相移器，其中該液晶盒進一步包含平行基底配向之液晶盒。

7. 如申請專利範圍第1項所述之連續相位可調相移器，其中該液晶盒之液晶進一步包含異向抗磁係數為負的液晶（如圓盤型液晶）。

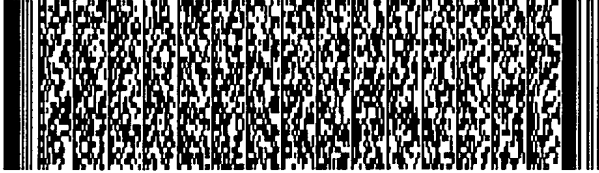




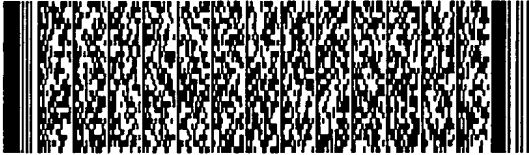
第 1/15 頁



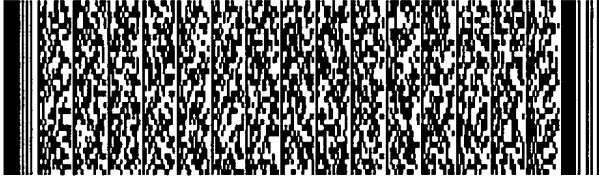
第 2/15 頁



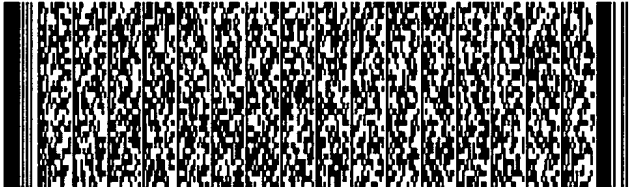
第 3/15 頁



第 5/15 頁



第 6/15 頁



第 7/15 頁



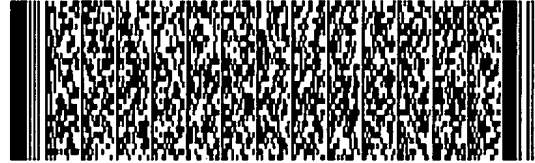
第 8/15 頁



第 9/15 頁



第 1/15 頁



第 2/15 頁



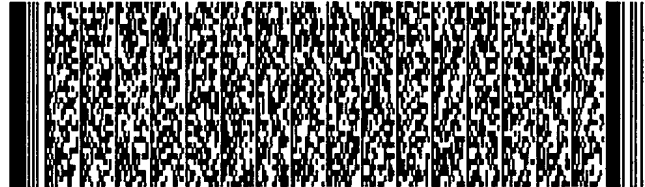
第 4/15 頁



第 5/15 頁



第 6/15 頁



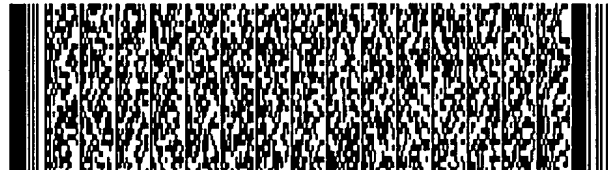
第 7/15 頁



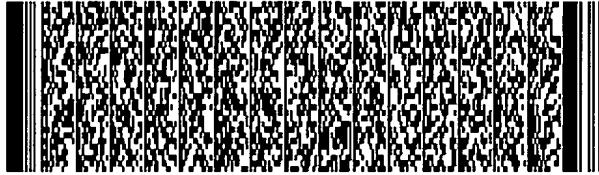
第 8/15 頁



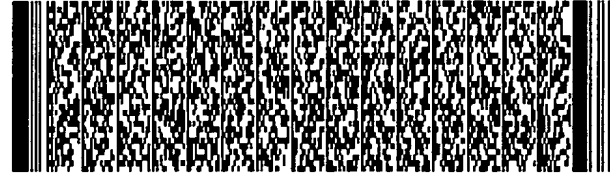
第 9/15 頁



第 10/15 頁



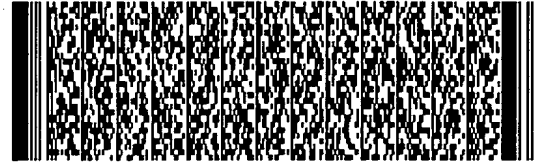
第 10/15 頁



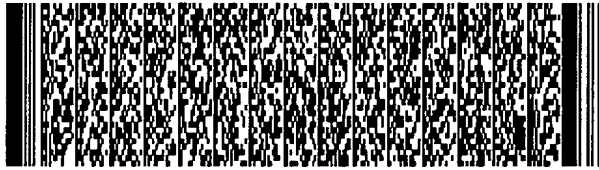
第 11/15 頁



第 11/15 頁



第 12/15 頁



第 13/15 頁



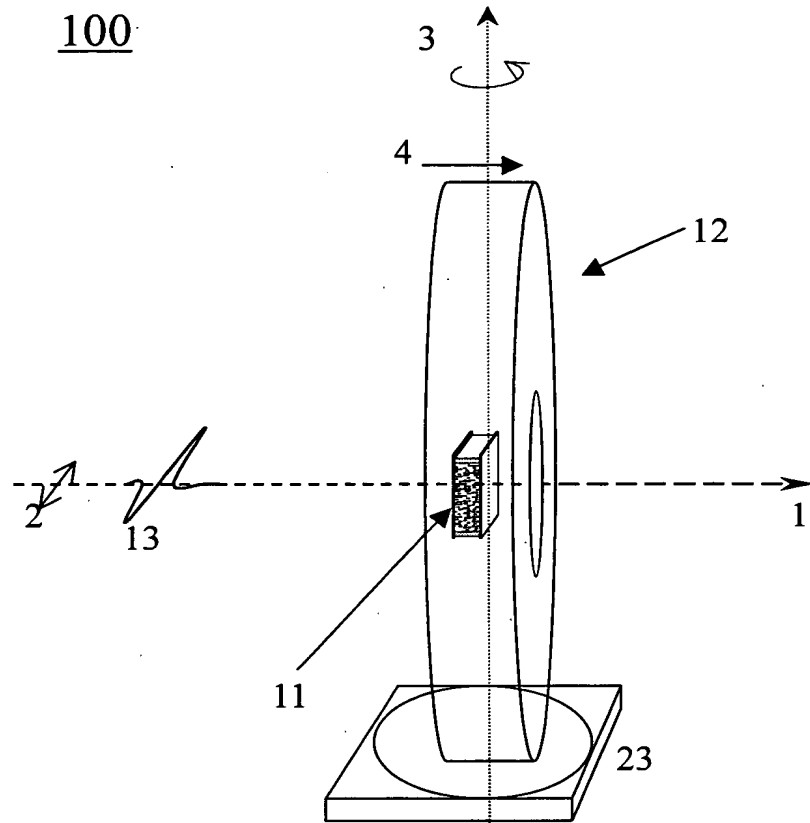
第 14/15 頁



第 15/15 頁

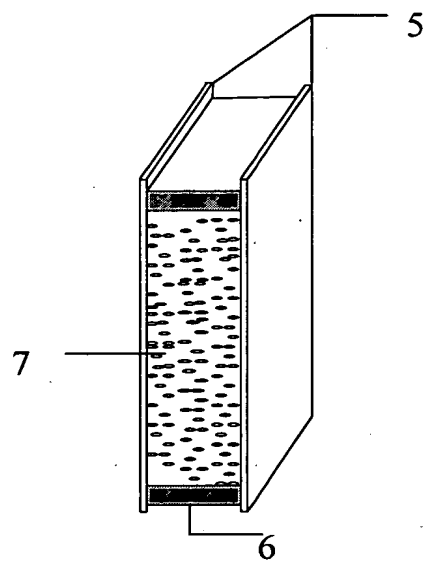


100

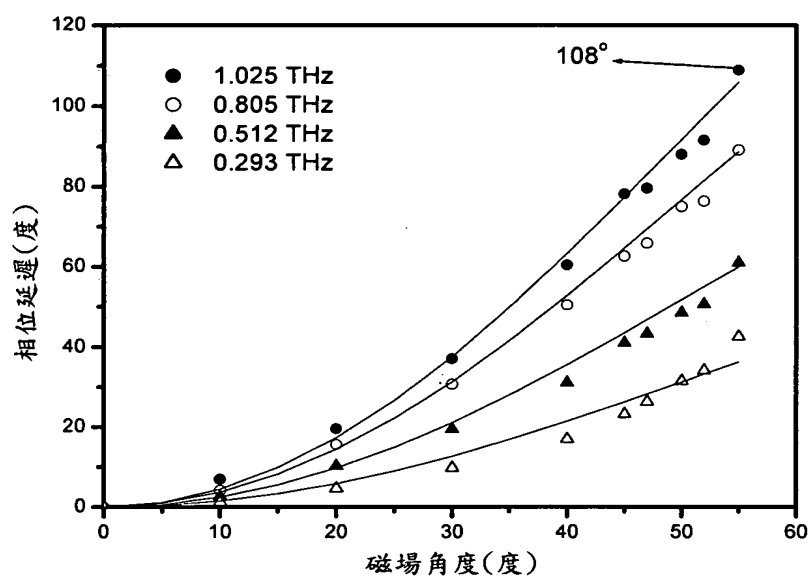


第 1A 圖

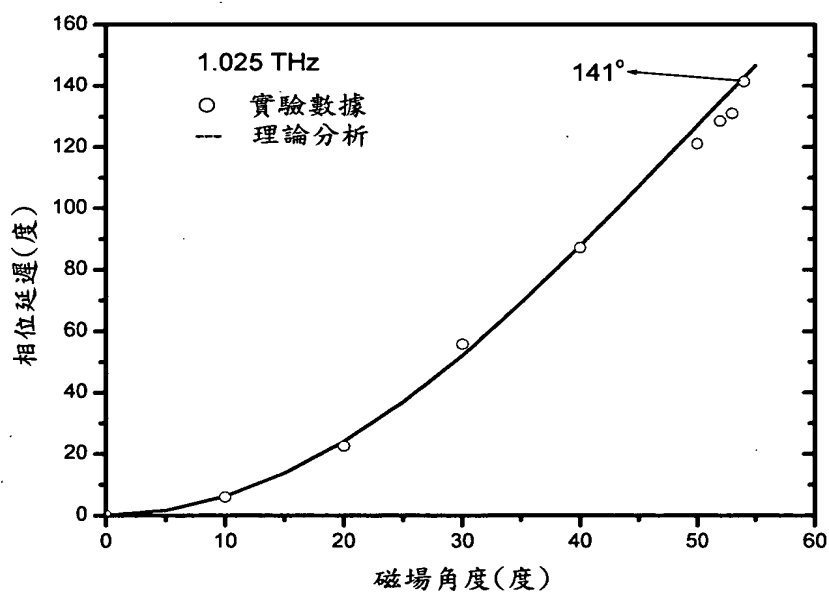
1



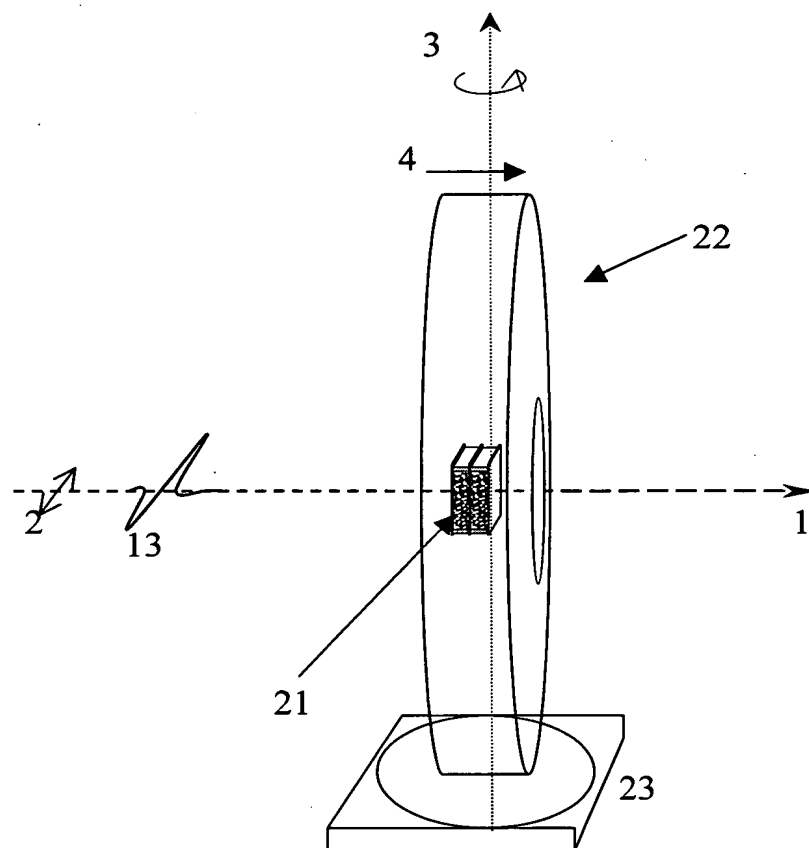
第 1B 圖



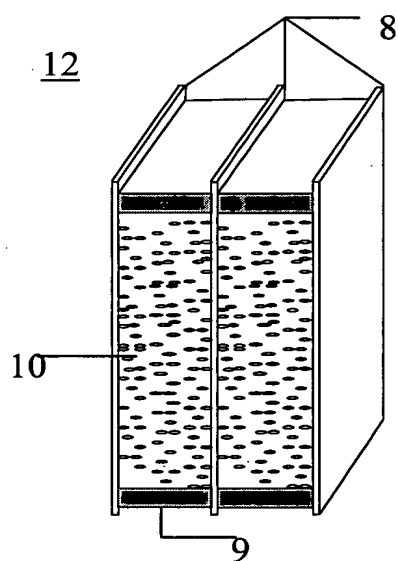
第 2A 圖



第 2B 圖



第 3A 圖



第 3B 圖